

MODELOS AGROMETEOROLÓGICOS PARA ESTIMATIVA DO RENDIMENTO DE MILHO EM FUNÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.

Ronaldo Matzenauer, Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária-SCT/RS;
Homero Bergamaschi, Moacir Antônio Berlato, Fac. de Agronomia-UFRGS; João
Riboldi, Instituto de Matemática-UFRGS.

RESUMO

A quantificação das relações entre água e rendimento de grãos pode fornecer informações importantes, particularmente para o estabelecimento de modelos de relação planta-clima. Neste trabalho, foram ajustados e validados modelos de regressão linear múltipla e de Jensen, relacionando o rendimento de grãos de milho com o consumo relativo de água (E_{Tr}/E_{Tm}) em diferentes períodos do ciclo da cultura. Os dados de rendimento e fenologia foram obtidos em experimentos conduzidos em Taquari, São Borja, Santo Augusto e Veranópolis, no período de 1975/76 a 1989/90. As análises foram feitas para os grupos de maturação precoce e normal. Os dois modelos testados apresentaram bom desempenho na estimativa do rendimento. Na validação dos modelos, verificou-se elevada associação entre o rendimento relativo observado e previsto pelos modelos, com coeficientes de correlação variando entre 0,89 e 0,95.

INTRODUÇÃO

No Estado do Rio Grande do Sul, inúmeras análises da produção agrícola apontaram alta correlação entre as variações, no tempo e no espaço, das safras das principais culturas com as condições meteorológicas e climáticas. Dentre estas, o fator hídrico é o que, com maior frequência e intensidade, afeta a produção das lavouras.

O déficit hídrico afeta praticamente todos os aspectos relacionados ao desenvolvimento das plantas, reduzindo a área foliar, diminuindo a fotossíntese e afetando vários outros processos, além de alterar o ambiente físico das culturas, por modificar o balanço de energia do sistema (BERGAMASCHI, 1992).

Diversos pesquisadores tem trabalhado com o objetivo de desenvolver ou testar modelos que relacionem o rendimento de grãos com variáveis meteorológicas, com a finalidade de estabelecer funções de predição do rendimento (JENSEN, 1968; THOMPSON, 1969; BAIER, 1973; HILL et al, 1979; FRERE & POPOV, 1980; BERLATO, 1987; CAMARGO & HUBBARD, 1993).

JENSEN (1968) propôs um modelo que utiliza a relação entre a evapotranspiração real (E_{Tr}) e a evapotranspiração máxima (E_{Tm}) para estimativa do rendimento relativo (Y/Y_m), e que permite estabelecer pesos diferentes para os diversos estádios de desenvolvimento da cultura, da seguinte forma:

$$Y/Y_m = \prod_{i=1}^n (\lambda_i E_{Tr}/E_{Tm})$$

Sendo Y o rendimento observado, Y_m o rendimento máximo e λ_i um coeficiente que representa a sensibilidade relativa da planta ao déficit hídrico, durante o estágio de desenvolvimento i .

Buscando entender melhor a resposta da cultura do milho ao fator hídrico, foi desenvolvido este trabalho, com o objetivo de ajustar e validar modelos agrometeorológicos entre o rendimento de grãos e o consumo relativo de água, para diferentes localidades do Estado do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de fenologia e rendimento de grãos da cultura do milho, utilizados no trabalho, foram obtidos em experimentos de épocas de semeadura durante o período de 1975/76 a 1989/90, em quatro locais do RS: Taquari, São Borja, Santo Augusto e Veranópolis. Foram utilizados dois grupos de maturação da cultura do milho: grupo precoce e grupo normal.

Os dados meteorológicos foram obtidos no banco de dados da Equipe de Agrometeorologia da FEPAGRO/SCT/RS. A evapotranspiração máxima da cultura do milho, para cada situação, foi estimada a partir de funções ajustadas entre a ET_m medida e a evapotranspiração de referência calculada pelo método de Penman (ET_o), com os valores acumulados durante o ciclo, em milímetros (MATZENAUER, 1994).

Para estimativa da evapotranspiração real, utilizou-se o método do balanço hídrico segundo Thornthwaite e Mather, para diferentes capacidades de armazenamento de água no solo durante o ciclo, em função do desenvolvimento das plantas.

Foram ajustados modelos para cada local e para o conjunto dos quatro locais (análise geral), para os dois grupos de maturação. Para o ajuste dos modelos, o consumo relativo de água foi calculado em quatro períodos de desenvolvimento da cultura, assim definidos: 1- Emergência a 30 dias após a emergência (EM-30EM). 2- 30EM ao início do pendoamento (30EM-IP). 3- IP a 30 dias após (IP-30IP). 4- 30 IP à maturação fisiológica (30IP-MF).

Foram adotados dois modelos matemáticos, utilizando o consumo relativo de água calculado nos quatro períodos fenológicos como variáveis independentes (respectivamente X₁, X₂, X₃ e X₄), e o rendimento relativo de grãos como variável dependente (Y): O modelo aditivo de regressão linear múltipla e o modelo de JENSEN (1968).

Para o ajuste dos modelos englobando os quatro locais (análise geral), foi utilizado um conjunto de 70 dados experimentais. Do total de dados disponíveis (89 para cada grupo de maturação), 19 foram anteriormente sorteados com a finalidade de fazer a validação dos modelos.

RESULTADOS

Para Taquari, o modelo de regressão completo explicou 88,8% da variação do rendimento relativo para o grupo de maturação precoce e 83,4% para o grupo de maturação normal. Como os coeficientes b₁, b₂ e b₄ não foram significativos, o modelo reduzido, somente com a variável ETr/ET_m durante o período do início do pendoamento a 30 dias após (X₃), apresentou coeficientes de determinação muito próximos aos verificados para o modelo completo.

Para o modelo de Jensen, o único expoente significativo ao nível de 1%, também foi o da variável X₃. Os coeficientes de determinação para o modelo multiplicativo foram menores que os obtidos para o modelo aditivo. Também neste

caso, a forma reduzida do modelo se ajustou bem, apresentando melhores resultados para o grupo de maturação precoce.

Para a localidade de São Borja, os resultados também mostraram os menores níveis de significância para os coeficientes da variável X3. Para o modelo de regressão múltipla, a forma reduzida apresentou coeficientes de determinação próximos aos verificados para o modelo completo, indicando a grande sensibilidade da cultura à disponibilidade hídrica durante o período de floração e início de enchimento de grãos. O ajuste do modelo de Jensen, apresentou coeficientes de determinação menores, mas próximos aos obtidos para o modelo de regressão. Os valores do parâmetro λ 3 estimados para os grupos de maturação precoce e normal se aproximam do valor de λ estimado por MEYER et al (1993).

Para São Borja, foram verificados os melhores ajustes para os modelos testados, com coeficientes de determinação maiores que 0,90. O modelo de regressão reduzido explicou 94,8% da variação do rendimento de grãos, para o grupo de maturação precoce, e 96,7% para o grupo de maturação normal.

Para Santo Augusto, além do coeficiente da variável X3 (b3), outros coeficientes também apresentaram significância estatística. No entanto, o maior efeito ainda foi verificado no período de floração e enchimento de grãos, já que os coeficientes de determinação ainda foram elevados ($R^2=0,80$) para o modelo reduzido, para os dois grupos de maturação.

Para Veranópolis, verificou-se que os dois modelos apresentaram ajustes semelhantes, para o grupo de maturação normal. Para o grupo de maturação precoce, o modelo de regressão apresentou melhores resultados, com valores para os coeficientes de determinação de 0,84 e 0,82 para as formas completa e reduzida, respectivamente. Também neste caso, somente os coeficientes da variável X3 foram estatisticamente significativos.

Os modelos ajustados na análise geral não apresentaram a mesma performance, quando comparados com as análises individuais. Os coeficientes de determinação encontrados para o modelo de Jensen foram levemente inferiores aos verificados para o modelo de regressão múltipla, caracterizando o bom desempenho obtido para os dois modelos ajustados. O modelo de regressão completo explicou 73,7% da variação do rendimento relativo de grãos para o grupo de maturação precoce e, 76,6% para o grupo de maturação normal, enquanto que o modelo na forma reduzida explicou cerca de 3% menos.

Os elevados coeficientes de correlação encontrados na aferição dos modelos, comprovam o efeito significativo que o déficit hídrico exerce sobre as variações de rendimento de grãos da cultura do milho no Estado do Rio Grande do Sul

Os dados apresentados, envolvendo diferentes épocas de semeadura, locais e culturas, evidenciam que o déficit hídrico é um dos fatores que tem causado maiores prejuízos às safras de verão no Estado.

CONCLUSÕES

1. O consumo relativo de água (índice ET_r/ET_m) é uma variável eficiente para indicar as variações de rendimento de grãos de milho no Estado do Rio Grande do Sul.

2. Os modelos de regressão linear múltipla e de Jensen, que utilizam o consumo relativo de água, podem ser utilizados para a estimativa do rendimento de grãos da cultura do milho

3. O ajuste dos modelos na forma reduzida apresenta bom desempenho, constituindo-se numa alternativa prática para previsão de rendimentos de grãos de milho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAIER, W. 1973. Crop-weather analysis model: review and model development. **Journal of Applied Meteorology**, Boston, v. 12, p.937-947.
- BERGAMASCHI, H. 1992. Desenvolvimento de déficit hídrico em culturas. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia Aplicada à Irrigação**. Porto Alegre. Editora da Universidade/UFRGS. p.25-32.
- BERLATO, M.A. 1987. **Modelo de relação entre o rendimento de grãos de soja e o déficit hídrico para o Estado do Rio Grande do Sul**. São José dos Campos, INPE. 93p. Tese Dout., Meteorologia.
- CAMARGO, M.B.P. de; HUBBARD, K. 1993. Desenvolvimento de modelo de monitoramento agrometeorológico para estimativa da produtividade do sorgo no Estado de Nebraska - EUA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 8. Porto Alegre, 1993. **Resumos...**Santa Maria, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. p.135.
- FRERE, M.; POPOV, G.F. 1980. **Pronóstico de cosechas baseado en datos agrometeorológicos**. Roma, FAO. 66p. (Producción y Protección Vegetal, 17).
- HILL, R.W.; JOHNSON, D.R.; RYAN, K.H. 1979. A model for predicting soybean yields from climatic data., **Agronomy Journal**, Madison, v. 71, p.251-256.
- JENSEN, M.E. 1968. Water consumptions by agricultural plants. In: KOZLOWSKY, T.T.; (Ed.) **Water Deficits and Plant Growth**. New York, Academic Press. v. 2, p.1-22.
- MATZENAUER, R 1994 **Modelos Agrometeorológicos para estimativa do rendimento de milho em função da disponibilidade hídrica no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Fac. de Agronomia, UFRGS, 172 p. Tese Dout. Agronomia, Fitotecnia.
- MEYER, S.J.; HUBBARD, K.G.; WILHITE, D.A. 1993. A crop- specific drought index for corn: I. Model development and validation. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, p.388-395.
- THOMPSON, L.M.; 1969. Weather and technology in the production of corn in the U.S. corn Belt. **Agronomy Journal**, Madison, v. 61, p.453-456.